

Jurnal Teknologi Industri Pertanian 29 (2):193-204 (2019)
 Nomor DOI: 10.24961/j.tek.ind.pert.2019.29.2.193
 ISSN: 0216-3160 EISSN: 2252-390

Terakreditasi Peringkat 2
 Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan No 30/E/KPT/2018
 Tersedia online <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnaltin>

FORMULASI PRODUK FLAKE SEREAL MENGGUNAKAN TEPUNG KACANG NAGARA TERMODIFIKASI *Lactobacillus plantarum*, TEPUNG BERAS HITAM DAN TEPUNG PISANG : VARIASI PROPORSI TEPUNG KOMPOSIT DAN LAMA STEAMING

CEREAL FLAKE PRODUCT FORMULATION USING MODIFIED NAGARA BEAN FLOURS by *Lactobacillus plantarum*, BLACK RICE FLOUR AND BANANA FLOUR : VARIATION OF COMPOSITE FLOUR PROPORTION AND STEAMING PERIODS

Susi Susi, Lya Agustina, dan Udiantoro

Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru
 Jl. A. Yani KM 36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan 70714
 Email: susi_tip@ulm.ac.id

Makalah: Diterima 2 November 2018; Diperbaiki 30 April 2019; Disetujui 10 Mei 2019

ABSTRACT

The nagara beans fermented by lactic acid bacteria *Lactobacillus plantarum* have better physicochemical properties than unfermented beans, as well as protein and starch digestibility. Nagara bean flour that have been modified by *L. plantarum* can be used for the formulation of complementary food products in the form of breakfast cereals. Breakfast cereal products must contain enough nutrients, and have good acceptability. The quality improvement of cereal flake products can be done by making a composite of nagara bean flour with the addition of black rice flour which contains antioxidant compounds and banana flour which is able to support the digestibility of breakfast cereal produced. This research was aimed to get the good breakfast cereal formulation and steaming periods where the product has high nutrition and sensory properties received. This study was conducted using a randomized block design, cereal flake formulation was carried out using nagara bean flour fermented by *L. plantarum*, banana flour and black rice flour with a proportion nagara bean flour of 0 to 100 percent and then steamed at a pressure of 80 kPa for 30 and 60 minutes. The results showed that the higher proportion of nagara beans in composite flour would decrease the acceptability but the dissolved protein content would increase with the increasing proportion of nagara bean flour. The proportion of nagara bean flour modified by *L. plantarum* up to 40 percent showed preference close rather like, with starch content ranging from 48.89–52.02% db, dissolved protein of 5.29-5.97 mg/mL, and resistant starch content of 1.84-2.90% db with average of in vitro starch digestibility of cereal flake was 87.60%.

Keywords: nagara bean, *L. plantarum*, flake cereal, protein, resistant starch

ABSTRAK

Kacang nagara yang difermentasi bakteri asam laktat *Lactobacillus plantarum* memiliki sifat fisikokimia lebih baik dibandingkan kacang nagara tanpa difermentasi, demikian pula daya cerna *in vitro* protein dan patinya. Kacang nagara yang telah termodifikasi *L. plantarum*, dapat digunakan untuk formulasi produk makanan pendamping (*complementary food*) dalam bentuk *breakfast cereal*. Produk *breakfast cereal* harus mengandung cukup gizi, serta memiliki daya terima yang baik. Peningkatan kualitas produk *flake cereal* dapat dilakukan dengan melakukan komposit tepung kacang nagara dengan penambahan tepung beras hitam yang mengandung senyawa antioksidan maupun tepung pisang yang mampu mendukung pencernaan *breakfast cereal* yang dihasilkan. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan formulasi *breakfast cereal* dan lama steaming yang tepat dimana produk memiliki nutrisi yang tinggi dan sifat sensori yang diterima. Penelitian ini dilakukan menggunakan rancangan percobaan Rancangan Acak Kelompok, formulasi *flake cereal* dilakukan menggunakan bahan tepung kacang nagara terfermentasi *L. plantarum*, tepung pisang dan tepung beras hitam dengan proporsi tepung kacang nagara 0 hingga 100% dan kemudian di *steam* pada tekanan 80 kPa selama 30 dan 60 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi proporsi kacang nagara pada tepung komposit akan menyebabkan preferensi penerimaan menurun namun kadar protein terlarut akan semakin meningkat dengan meningkatnya proporsi tepung kacang nagara. Proporsi tepung kacang nagara termodifikasi *L. plantarum* hingga 40% menunjukkan nilai preferensi mendekati agak suka, dengan kadar pati berkisar 48,89–52,02% bk, protein terlarut 5,29-5,97 mg/mL, serta kandungan pati resisten 1,84–2,09% bk dan rata-rata daya cerna pati secara *in vitro* flake sereal sebesar 87,60%.

Kata kunci : kacang nagara, *L. plantarum*, flake sereal, protein, pati resisten

PENDAHULUAN

Pengembangan produk sereal saat ini banyak dikombinasikan dengan legum atau kacang-

kacangan dalam formulasinya sebagai strategi diversifikasi dan sebagai upaya untuk mengurangi malnutrisi. Sereal pada umumnya berbasis tepung jagung yang mengandung sejumlah nutrisi seperti

protein 11%, lemak 4%, serat 3%, pati 65% dan 1,5% mineral (Ihekoonye dan Ngoddy, 1985). Komposisi dasar tersebut tidak kalah bersaingnya dengan kandungan nutrisi pada kacang lokal yaitu kacang nagara.

Kacang nagara sebagai kacang-kacangan lokal dari Kalimantan Selatan dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar *breakfast cereal*, hal ini berdasarkan pada kandungan protein yang cukup tinggi 20-25%, kandungan karbohidrat 40-60%. Susi *et al.* (2015) menyatakan bahwa tepung kacang nagara yang difermentasi dengan *Lactobacillus plantarum* selama 48 jam menghasilkan daya cerna pati sebesar 82,69%, sedangkan daya cerna protein pada ukuran utuh dengan lama fermentasi 48 jam yaitu sebesar 86,34% dan untuk ukuran grits pada lama fermentasi 24 jam sebesar 80,87%. Proses fermentasi merupakan salah satu teknik modifikasi pati yang mempengaruhi sifat kelarutan, pengembangan granula, dan viskositas pati (Abia *et al.*, 1993),

Untuk memperoleh *breakfast cereal* dengan karakteristik nutrisi dan sensori yang baik, dapat dipengaruhi oleh formulasi dan metode yang diterapkan. Secara sensori produk sereal harus dapat diterima baik dari rasa, aroma dan tekstur, produk sereal harus memiliki tekstur yang crispy, dan tidak mudah hancur serta memiliki *bowl time* lebih dari 2 menit (Lewis *et al.*, 2004). Demikian pula kandungan gizinya, *breakfast cereal* harus menjadi sumber energi yang tinggi yang didukung oleh kandungan protein, lemak maupun karbohidrat.

Untuk memenuhi kriteria nutrisi pada *breakfast cereal*, tepung kacang nagara hasil fermentasi *L. plantarum* dikompositkan dan diformulasikan dengan bahan lain yaitu tepung beras hitam dan tepung pisang. Beras hitam digunakan sebagai sumber karbohidrat, serat pangan dan fitokimia (Kong dan Lee, 2010), memiliki aktivitas antioksidan dengan kandungan antosianinnya (Toyokuni *et al.*, 2002; Nam *et al.*, 2005; Chotimarkorn *et al.*, 2008; Kong *et al.*, 2012). Demikian pula pada tepung pisang sebagai sumber *native resistan starch*, memiliki aktivitas antidiare karena kandungan pektinnya (Rabbani, 2001), buah mentah memiliki efek hipoglikemik (Ojewole dan Adewunni, 2003), efek glikemik (Rai *et al.*, 2009), serta meningkatkan glikogenesis dan menurunkan gula darah puasa (Usha *et al.*, 1989).

Metode produksi *breakfast cereal* ada beberapa macam untuk menghasilkan produk *cereal* yang renyah, daya rehidrasi yang baik dan nutrisi yang mencukupi. Sebelum proses *flaking* ataupun ekstrusi, dapat melalui tahapan perendaman pada bahan baku biji-bijian dan *moist heat* bertekanan dalam rangka proses hidrasi sehingga mampu memodifikasi *eating quality* produk akhir. Pada proses hidrasi dengan perendaman maupun *moist heat* dapat ditambahkan bahan lain baik gula, garam, *flavoring* maupun bahan tambahan lain pada air

(Lewis *et al.*, 2004). Proses hidrasi terjadi pada tahap pemasakan secara *moist heat*, *moist heat* dapat menggelatinisasi pati pada adonan dan meningkatkan karakteristik adonan tepung sehingga lebih plastis sehingga memudahkan proses *flaking*.

Tujuan penelitian ini untuk mengkaji formulasi tepung komposit yang terdiri dari tepung kacang nagara hasil fermentasi *L. plantarum* dengan tepung beras hitam dan tepung pisang pada steaming bertekanan 80 kPa dengan lama yang berbeda yakni 30 dan 60 menit untuk menghasilkan karakteristik flake sereal dengan sensoris, daya hidrasi, dan nutrisi yang diterima. Produk flake sereal harus terhidrasi, mampu menyerap air dan menjadi lunak pada saat direndam namun tekstur tidak mudah hancur, demikian pula produk sereal masih mampu mempertahankan nilai nutrisi protein tinggi.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan alat

Kacang nagara diperoleh dari daerah Nagara Hulu Sungai Selatan Kalimantan Selatan, beras hitam organik (merk Raja Hitam), tepung pisang kepok organik (merk Gedhang), *L. plantarum* ENCC-0127, MRS Agar, MRS Broth, pepsin dari gastric mucosa 250 unit/mg, α amylase from porcine pancreas Type VI-B 10 unit/mg, amyloglucosidase dari *Aspergillus niger* 30-60 unit/mg, standar amilosa, 3,5-Dinitrosalisicylic acid, reagen Folin Ciocalteau, NaOH, Na₂CO₃, Na K Tartrat, CuSO₄.5H₂O, etanol, asam trikloroasetat, kalium iodide, Iodine. Alat yang digunakan meliputi waterbath shaker (Memmert), oven (Memmert), Spektrofotometer (Mapada), sentrifuse, vortex dan glassware untuk analisis kimia.

Proses Fermentasi Kacang Nagara

Fermentasi menggunakan bakteri laktat *L. plantarum* sebanyak 1% (v/v) $1,57 \times 10^6$ CFU/mL, dengan ukuran kacang nagara grits menggunakan perbandingan kacang nagara : air perendam = 1 : 4. dengan lama fermentasi 48 jam. Kacang nagara hasil fermentasi dicuci bersih dan dihilangkan dari kulitnya kemudian dikeringkan pada suhu 60°C selama 48 jam. Kacang nagara hasil fermentasi ditepungkan dengan ukuran 80 mesh.

Pembuatan Grits Kacang Nagara

Kacang nagara digiling kasar hingga pecah 2-4 bagian, kemudian diayak untuk menghilangkan kotoran dan kulit yang sebagian terlepas.

Pembuatan Tepung Beras Hitam

Tepung beras hitam direndam selama 4 jam kemudian dilakukan penggilingan basah, dikeringkan pada suhu 60°C selama 8 jam kemudian diayak hingga 80 mesh.

Proses Produksi Flake Sereal

Penelitian flake sereal mengujikan dua perlakuan yaitu formula tepung komposit dan lama *steaming*. Tepung kacang nagara dikomposit dengan tepung beras hitam dan tepung pisang dengan beberapa proporsi formulasi (Tabel 1). Sebanyak 73% tepung komposit ditambahkan tepung maizena sebagai binder, gula, dan susu bubuk hingga 100% total bahan. Seluruh bahan dicampur merata selama 10 menit kemudian dilakukan *steaming* pada suhu 100°C tekanan 80 kPa dengan variasi lama *steaming* 30 dan 60 menit. Setelah *steaming*, tepung dihaluskan dengan blender kemudian ditambahkan air diaduk merata hingga terbentuk adonan, kemudian dilakukan ekstrusi dingin 3 kali dan kemudian dibentuk flake. Flake yang terbentuk dioven pada suhu 170°C, selama 10 menit. Flake sereal dilakukan pengujian kimia yang meliputi protein terlarut (metode *Lowry*), amilosa (Chrastil, 1987), kadar pati (metode *Luff schroll*), pati resisten dan pati tercerna (Goni *et al.*, 1996), pengujian sifat fisikokimia yaitu indeks penyerapan air (Indriyani *et al.*, 2013), *swelling volume* dan kelarutan (Collado dan Corke, 1998), serta pengujian organoleptik skoring. Diagram alir proses produksi flake sereal disajikan pada Gambar 1.

Analisis Amilosa (Chrastil, 1987)

Pati 20 mg dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 5 mL etanol 85% dipanaskan pada suhu 60°C selama 30 menit, sekali kali diaduk untuk mengekstrak lipida. Sampel kemudian disentrifuse dan supernatant dihilangkan. Pati dilarutkan dengan menambah 4 mL air deionisasi dipanaskan 100°C selama 10 menit kemudian ditambahkan NaOH 1 M 2 mL dan dilanjutkan dipanaskan hingga 30 menit sambil sekali-kali diaduk. Diambil 0,1 mL aliquot pada tabung terpisah ditambah 5 mL asam trichloroasetat 0,5%, vortex dan ditambah 0,05 mL larutan iodine (1,27 g I₂ dan 3,0 g KI per liter) dan diinkubasi 30 menit. Selanjutnya diukur absorbansi pada panjang gelombang 620 nm dengan aquades sebagai blanko.

Analisis Pati Resisten dan Pati Tercerna (Goni *et al.*, 1996)

Sampel tepung 100 mg dilarutkan dalam 10 mL buffer HCl-KCl pH 1,5 vortex 1 menit, kemudian ditambahkan larutan pepsin 100 µL (0,1 mL-10 mg pepsin/mL HCl-KCl, dan selanjutnya diinkubasikan 60 menit suhu 40°C. Ke dalam tabung ditambahkan larutan α amilase 1 mL (40 mg/mL larutan tris maleat) dan diinkubasikan suhu 37°C 16 jam pada pH 6,9 untuk menghidrolisis pati tercerna. Kemudian sampel disentrifugasi selama 15 menit 4500 rpm.



Gambar 1. Diagram alir proses produksi flake sereal

Tabel 1. Formulasi flake sereal

Formula	Maizena (%)	Gula (%)	Skim milk (%)	Proporisi tepung KN : BMH : TP (%)	Air (%)
Formula 0	4	15	8	0:50:50	30
Formula 1	4	15	8	20:40:40	30
Formula 2	4	15	8	30:35:35	30
Formula 3	4	15	8	40:30:30	30
Formula 4	4	15	8	50:25:25	30
Formula 5	4	15	8	60:20:20	30
Formula 6	4	15	8	70:15:15	30
Formula 7	4	15	8	80 :10:10	30
Formula 8	4	15	8	100:0:0	30

Keterangan : KN = tepung kacang nagara
BMH = tepung beras hitam
TP = tepung pisang kepok

Supernatan dihilangkan, residu kemudian ditambahkan KOH 2M 6 mL dan larutan enzim amiloglukosidase 80 µL (140 U/mL) dan diinkubasikan pada 60°C 45 menit pada pH 4,75. Sampel kemudian disentrifugasi 4500 rpm selama 15 menit. Supernatan diukur kadar glukosanya menggunakan metode DNS. Pati tercerna dihitung berdasarkan jumlah total pati dikurangi dengan jumlah pati resisten.

Analisis Sensori

Analisis sensori menggunakan uji skoring dengan melibatkan 25 panelis semi terlatih, dengan skala skoring 1 hingga 5 meliputi parameter warna (kuning-coklat gelap), aroma kacang (sangat kuat-sangat lemah), tekstur (sangat keras-sangat renyah), penerimaan keseluruhan (sangat tidak enak-sangat enak), dan rasa getir/pahit (sangat terasa-tidak terasa).

Analisis Data

Penelitian dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial, data kimia dan daya rehidrasi dianalisis menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) dengan selang kepercayaan 95%, jika ada pengaruh nyata perlakuan maka dilanjutkan dengan uji beda nyata *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Hasil uji sensoris skoring dianalisis menggunakan uji *Kruskal Wallis*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Protein

Kandungan protein yang terdapat dalam suatu bahan mencerminkan pula kandungan gizi yang ada di dalamnya. Kadar protein flake sereal hasil formulasi tepung kacang nagara hasil fermentasi dengan tepung pisang maupun tepung beras berkisar 9,67%-14,51%. Hasil analisis ragam ($\alpha=0,05$) menunjukkan bahwa interaksi formula tepung komposit dengan lama *steaming* berpengaruh

nyata terhadap kadar protein flake sereal. Data kadar protein disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan kadar protein flake sereal tertinggi pada proporsi kacang nagara 100% dengan lama *steaming* 60 menit dan ini relatif berbeda tidak nyata dengan proporsi tepung kacang nagara 70%-80%. Terdapat kecenderungan semakin meningkat proporsi tepung kacang nagara, kadar protein flake sereal meningkat. Protein tepung kacang nagara cukup dominan mempengaruhi kadar protein flake sereal hasil formulasi hal ini berkorelasi dengan kadar protein bahan yang digunakan yaitu kadar protein kacang nagara sebesar 15,09%, kadar protein tepung beras hitam sebesar 8,98% dan tepung pisang sebesar 6,66%. Kadar protein flake sereal ini berbeda tidak nyata dengan flake sereal formulasi tepung gandum, tepung beras dan bekatul dengan proporsi 50:25:25 yakni sebesar 10,74% (Wanyo *et al.*, 2009).

Flake sereal hasil perlakuan proses *steaming* 80 kPa selama 60 menit terjadi peningkatan protein seiring dengan meningkatnya proporsi tepung kacang nagara hingga 100%. Kadar protein flake pada *steaming* 60 menit relatif lebih tinggi dibandingkan pada *steaming* 30 menit khususnya pada proporsi 70%-100%, diduga proses hidrolisis protein menjadi peptida yang lebih intensif sehingga kadar protein relatif lebih tinggi.

Kadar protein flake sereal pada proporsi tepung kacang nagara 100% dengan lama *steaming* 30 menit cenderung menurun, diduga karena tingkat amilosa yang tinggi, maka tingkat absorpsi air pada saat proses *steaming* 30 menit cenderung lebih rendah dibandingkan lama *steaming* 60 menit, hal ini memungkinkan terjadinya denaturasi protein karena gesekan dan tekanan pada saat proses ekstrusi. Jumlah air dalam bahan pada proporsi tepung kacang nagara 100% lama *steaming* 30 menit kurang cukup dibandingkan dengan lama *steaming* 60 menit untuk menyerap kelebihan panas yang timbul akibat gesekan pada ekstrusi.

Tabel 2. Hasil uji Duncan kadar protein flake sereal

Formulasi kacang nagara : beras hitam : pisang	Kadar protein pada lama <i>steaming</i> (menit)	
	30	60
0 : 50 : 50	10,17±0,44 ^{ab}	10,37±1,55 ^{ab}
20 : 40 : 40	9,72±1,07 ^a	10,49±0,02 ^{ab}
30 : 35 : 35	9,67±0,15 ^a	10,64±0,12 ^{abcd}
40 : 30 : 30	11,51±1,54 ^{bcd}	10,76±0,49 ^{bcd}
50 : 25 : 25	12,38±0,17 ^{de}	11,02±0,07 ^{abcd}
60 : 20 : 20	12,46±0,42 ^{de}	11,48±0,79 ^{bcd}
70 : 15 : 15	12,38±0,51 ^{de}	13,31±0,40 ^{ef}
80 : 10 : 10	12,22±0,06 ^{cde}	13,70±0,42 ^{ef}
100 : 0 : 0	11,30±0,06 ^{abcd}	14,51±0,83 ^f

Keterangan : huruf yang sama pada kedua kolom (lama *steaming* 30 dan 60 menit) menunjukkan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) tidak berbeda nyata

Protein Terlarut

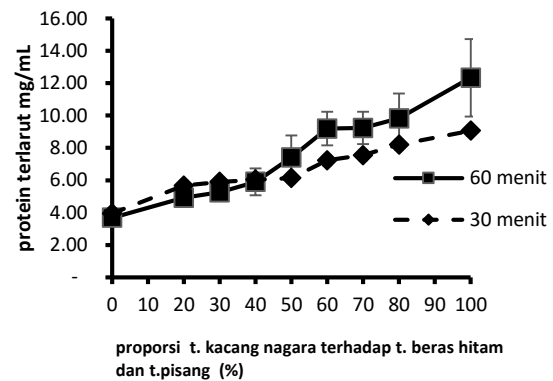
Protein terlarut merupakan indikator proses hidrolisis pada protein menjadi senyawa yang lebih sederhana khususnya dipeptida dan asam amino, sehingga protein terlarut akan lebih tersedia digunakan. Hasil analisis ragam ($\alpha=0,05$) menunjukkan interaksi formula tepung komposit dan lama *steaming* berpengaruh tidak nyata, namun faktor tunggal formula tepung komposit dan lama *steaming* berpengaruh nyata terhadap kadar protein terlarut flake sereal. Protein terlarut tertinggi ditunjukkan pada formula kacang nagara dengan proporsi 100%, sedangkan protein terlarut terendah pada proporsi tanpa kacang nagara (hanya tepung beras hitam dan tepung pisang) (Tabel 3).

Hal ini menunjukkan kandungan protein terlarut banyak dipengaruhi oleh proporsi tepung kacang nagara yang digunakan dalam formulasi (Gambar 2). Selain kacang nagara sebagai sumber protein, proses fermentasi dengan *L. plantarum* lebih meningkatkan jumlah protein terlarut, diduga hal ini terkait adanya proses hidrolisis protein menjadi senyawa lebih sederhana pada saat proses fermentasi oleh enzim protease maupun asam organik.

Flake sereal yang dihasilkan pada *steaming* selama 60 menit cenderung memiliki kadar protein terlarut lebih tinggi, proses panas mempengaruhi proses hidrolisis protein menjadi peptida lebih intensif. Proporsi tepung kacang nagara hasil fermentasi *L. plantarum* sebanyak 60% pada tepung komposit menunjukkan peningkatan protein terlarut yang signifikan, diduga fraksi peptida lebih tinggi dibandingkan pada proporsi yang lebih rendah, dengan proses *steaming* 60 menit maka hidrolisis protein menjadi peptida maupun peptida menjadi asam amino lebih intensif.

Penggunaan legum dalam formulasi sereal sebagai sumber protein dapat berkontribusi fraksi protein yang mudah dicerna (Shevkani dan Singh, 2015; Tharanathan dan Mahadevamma, 2003). Kacang nagara yang telah mengalami hidrolisis

enzymatik maupun hidrolisis oleh asam organik yang dihasilkan pada saat fermentasi oleh *L. plantarum*, maka sebagian besar protein di dalamnya telah terpecah baik menjadi oligopeptida, dipeptida, tripeptida serta asam amino yang pada nantinya akan mudah tercerna dan diserap oleh tubuh.



Gambar 2. Hubungan proporsi tepung kacang nagara terhadap tepung beras hitam, tepung pisang (%) dan lama *steaming* (menit) terhadap protein terlarut flake sereal

Kadar Pati

Dalam proses pembuatan *breakfast cereal*, pati merupakan salah satu komponen penting untuk menghasilkan struktur renyah dan juga sebagai sumber kalori. Kadar pati pada produk flake sereal yang dihasilkan berkisar 47,92-52,97%bk. Hasil analisis ragam ($\alpha=0,05$) menunjukkan interaksi formula tepung komposit dan lama *steaming* berpengaruh tidak nyata, hanya faktor lama *steaming* berpengaruh nyata terhadap kadar pati flake sereal. *Steaming* pada tekanan 80 kPa selama 60 menit menghasilkan flake sereal dengan kandungan pati cenderung lebih rendah yaitu 47,79%bk dibandingkan pada lama *steaming* 30 menit yaitu 52,57%bk.

Tabel 3. Uji Duncan pada protein terlarut, kadar pati, kadar amilosa, kadar pati resisten, dan pati tercerna pada produk flake sereal

Perlakuan		Parameter			
Formulasi kacang nagara : beras hitam : pisang	Protein terlarut (mg/mL)	Kadar pati (% bk)	Kadar amilosa (% bk)	Kadar pati resisten (% bk)	Pati tercerna (% bk)
0 : 50 : 50	3,81±0,42 ^a	52,97±6,09	12,63±2,12 ^a	1,95±0,13 ^{bc}	51,02±6,16
20 : 40 : 40	5,29±1,19 ^{ab}	50,14±4,88	13,84±1,59 ^{ab}	2,09±0,26 ^c	48,04±4,78
30 : 35 : 35	5,57±1,16 ^{ab}	49,19±3,08	14,09±0,58 ^b	1,93±0,28 ^{bc}	47,26±3,09
40 : 30 : 30	5,97±1,35 ^b	50,46±4,39	14,02±0,45 ^b	1,84±0,36 ^{bc}	48,62±4,65
50 : 25 : 25	6,78±1,11 ^{bc}	50,84±3,95	14,60±0,61 ^b	1,75±0,05 ^{abc}	49,09±5,04
60 : 20 : 20	8,21±1,54 ^{cd}	51,08±6,36	14,75±1,30 ^b	1,45±0,18 ^a	49,63±6,47
70 : 15 : 15	8,38±1,13 ^{cd}	50,20±6,39	14,67±0,97 ^b	1,65±0,28 ^{ab}	48,55±6,38
80 : 10 : 10	9,02±1,32 ^{de}	48,84±5,40	15,25±0,83 ^b	1,63±0,29 ^{ab}	47,21±5,43
100 : 0 : 0	10,70±2,34 ^e	47,92±5,04	14,88±1,60 ^b	1,47±0,12 ^a	46,45±4,98

Keterangan : huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) tidak berbeda nyata

Kadar pati dari bahan formulasi yang digunakan yakni pada tepung kacang nagara sebesar $58,42 \pm 6,08$ %bk, tepung pisang sebesar $65,74 \pm 0,22$ %bk dan tepung beras hitam sebesar $71,76 \pm 1,30$ %bk. *Steam* yang diberikan pada komposit tepung bertujuan untuk meningkatkan kandungan air pada adonan sebelum flaking dan membuat adonan lebih plastis. Setelah proses *steaming* adonan akan menggumpal atau terjadi aglomerasi karena akan menyerap sejumlah kandungan air dari steam. Menurut McDonough *et al.* (1997) selama proses *steaming* dan flaking gandum, pati akan keluar dari granula dan membentuk fase “*gluelike*” yang akan mengikat granula pati. Proses steam dengan kandungan air pada tepung yang sedikit akan menyebabkan gelatinisasi pati yang terbatas pula (Oomah, 1987; Zhou *et al.*, 2000), meskipun begitu granula pati akan mengalami degradasi selama *steaming* (Lookhart *et al.*, 1986). Pati pada bahan komposit tepung kacang nagara, tepung beras hitam dan tepung pisang dengan lama *steaming* 60 menit akan mengalami degradasi lebih intensif dibanding *steaming* 30 menit sehingga kadar pati cenderung lebih rendah.

Kadar Amilosa

Amilosa dan amilopektin merupakan bagian dari pati yang berperan terhadap karakteristik produk baik secara kimia, fisikokimia, sifat reologi maupun sensoris produk yang dihasilkan. Hasil analisis ragam ($\alpha=0,05$) menunjukkan interaksi formula tepung komposit dan lama *steaming* berpengaruh tidak nyata, namun faktor formulasi komposit berpengaruh nyata terhadap kadar amilosa flake sereal. Kadar amilosa flake sereal tertinggi sebesar 15,25%bk pada proporsi tepung kacang nagara 80%.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa tepung kacang nagara yang di *steam* pada tekanan satu atmosfer selama 30-60 menit memiliki kandungan amilosa berkisar 21,27–21,58%bk (Susi *et al.*, 2017). Pada produk flake sereal, tepung kacang nagara sudah dalam bentuk matriks produk dimana di dalamnya terdapat komponen lain seperti protein dan lemak yang dapat menyebabkan liberasi amilosa pun akan sedikit terhambat. Proses *steaming* pada jumlah air yang terbatas akan mengakibatkan penyerapan air ke dalam struktur amorphous granula terbatas dan disintegrasi granula tidak cukup banyak menyebabkan pelepasan amilosa. Sebaliknya, proses gelatinisasi pada jumlah air yang berlebih akan menyebabkan granula mengembang, terjadi destabilisasi struktur kristalin dan mengakibatkan terjadi disorganisasi, disrupsi dan loses, hal ini yang dapat menyebabkan perubahan kandungan amilosa dan amilopektin (Lai dan Kokini, 1991; Karapantsios *et al.*, 2002).

Kadar Pati Resisten

Beberapa legum merupakan sumber karbohidrat yang di dalamnya terkandung serat

pangan (Tosh dan Yada, 2010) dan mengandung sejumlah pati lambat cerna dan pati resisten (Chung *et al.*, 2010). Kadar pati resisten pada tepung kacang nagara sebesar $3,07 \pm 0,07$ %bk, tepung pisang kapok $1,93 \pm 0,07$ %bk, dan tepung beras hitam $2,55 \pm 0,10$ %bk. Pada produk flake sereal hasil formulasi memiliki kadar pati resisten lebih rendah yaitu rata rata $1,75 \pm 0,19$ %bk.

Hasil analisis ragam ($\alpha=0,05$) menunjukkan bahwa interaksi formulasi tepung komposit dan lama *steaming* berpengaruh tidak nyata, hanya formula tepung komposit yang berpengaruh nyata terhadap kandungan pati resisten flake sereal yang dihasilkan. Tabel 3 menunjukkan pati resisten tertinggi pada formulasi kacang nagara 20% (2,09%bk) dan cenderung tidak berbeda hingga proporsi tepung kacang nagara 50% pada komposit tepung.

Pati resisten pada sereal dapat berubah karena perlakuan proses *moist-heat*, autoklaf atau siklus autoklaf-pendinginan. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa proses pemasakan konvensional seperti *steaming* tekanan tinggi, *microwave*, *autoclaving*, perendaman, dan perebusan dapat menurunkan jumlah pati resisten (Yadav *et al.*, 2010; Marconi *et al.*, 2000; Suddhuraju dan Becker, 2001; Aguilera *et al.*, 2009).

Produk flake sereal formulasi tepung kacang nagara, tepung beras hitam dan tepung pisang memiliki kandungan pati resisten cenderung lebih rendah dibandingkan dari bahan baku yang digunakan, hal ini bisa disebabkan oleh perlakuan prakondisi *steaming* bertekanan yang bisa menyebabkan terjadinya sebagian pati tergelatinisasi, dan menurunkan jumlah pati resisten (Nilegaonkar *et al.*, 2014).

Pati Tercerna

Pati tercerna (Tabel 3) pada produk flake sereal formulasi tepung kacang nagara, tepung beras hitam dan tepung pisang berkisar 46,45%bk hingga 51,02% bk. Hasil analisis ragam ($\alpha=0,05$) menunjukkan interaksi formula tepung komposit dan lama *steaming* berpengaruh tidak nyata namun hanya faktor lama *steaming* yang berpengaruh nyata terhadap pati tercerna. Flake sereal dengan prakondisi *steaming* bertekanan selama 60 menit memiliki pati tercerna lebih rendah yaitu 46,05%bk sedangkan lama *steaming* 30 menit menghasilkan pati tercerna sebesar 50,80%bk.

Menurut penelitian Nilegaonkar *et al.* (2014) proses autoklaf pada legum menurunkan nilai *starch digestion index* (SDI), hal ini berkorelasi bahwa metode autoklaf menurunkan kecernaan pati, dan jumlah pati mudah tercerna (*rapidly digested starch*) secara signifikan menurun. Proses autoklaf juga diduga dapat mengubah pati resisten dan pati cepat tercerna menjadi pati lambat cerna (*slowly digested starch*). Diduga proses prakondisi *steaming* bertekanan menyebabkan pula berkurangnya pati

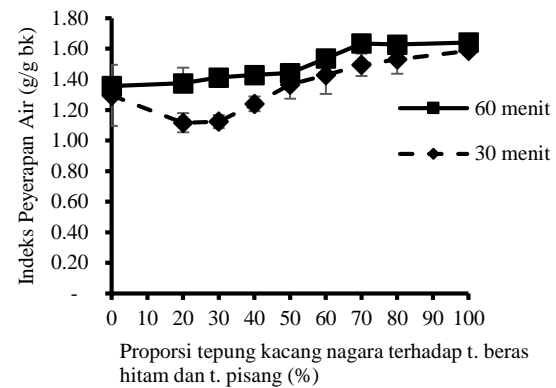
mudah tercerna, dengan semakin lama *steaming* penurunan akan lebih intensif. Penelitian Vatanasuchart *et al.* (2009) menjelaskan pada produk olahan snack dari beras memiliki pati resisten 2,9%bk, terjadi peningkatan pati resisten dari bahan bakunya (RS tipe II), hal ini menunjukkan adanya kandungan pati resisten hasil retrogradasi (RS tipe III) akibat proses yang diberikan (Gonzalez-Soto *et al.*, 2006)

Indeks Penyerapan Air (IPA)

Indeks penyerapan air pada flake sereal berkisar $1,12 \pm 0,04$ – $1,64 \pm 0,03$ g/g bk. Hasil analisis ragam ($\alpha=0,05$) menunjukkan bahwa interaksi formula tepung komposit dan lama *steaming* berpengaruh nyata terhadap indeks penyerapan air flake sereal yang dihasilkan. Indeks penyerapan air terendah pada formulasi dengan proporsi tepung kacang nagara 20% dan lama *steaming* 30 menit yaitu 1,12 g/g bk sedangkan IPA tertinggi pada formulasi tepung kacang nagara 100% dengan lama *steaming* 60 menit yakni 1,64 g/g bk. Tabel 4 menunjukkan bahwa pada proporsi kacang nagara pada komposit tepung dari 70%-100% memiliki indeks penyerapan air yang tidak berbeda. Demikian pula indeks penyerapan air cenderung meningkat dengan meningkatnya proporsi tepung kacang nagara dalam tepung komposit (Gambar 3).

Diketahui bahwa indeks penyerapan air pada tepung kacang nagara hasil fermentasi *L. plantarum* sebesar 2,28 g/g bk, tepung beras hitam sebesar 1,30 g/g bk serta tepung pisang 1,93 g/g bk. Pada saat diformulasikan menjadi produk flake sereal cenderung indeks penyerapan air produk lebih rendah, hal ini tentunya dipengaruhi oleh komponen

lain termasuk protein dan lemak yang bisa menghambat pengikatan air pada amilosa pati.



Gambar 3. Hubungan proporsi tepung kacang nagara terhadap tepung beras hitam, tepung pisang dan lama *steaming* terhadap indeks penyerapan air flake sereal

Selama proses *steaming* formula flake sereal akan terjadi kenaikan kandungan air dari 10% hingga 30%. Pemanasan 50°C dapat menyebabkan sedikit pengembangan granula, namun jika suhu meningkat maka serangkaian perubahan terjadi termasuk disorganisasi struktur granula secara sempurna. Terjadi peningkatan plastisitas atau pelunakan matriks amorphous glassy, adanya penetrasi air yang lebih besar ke dalam granula sehingga mengakibatkan terjadinya pengembangan. (Jamilah *et al.*, 2009).

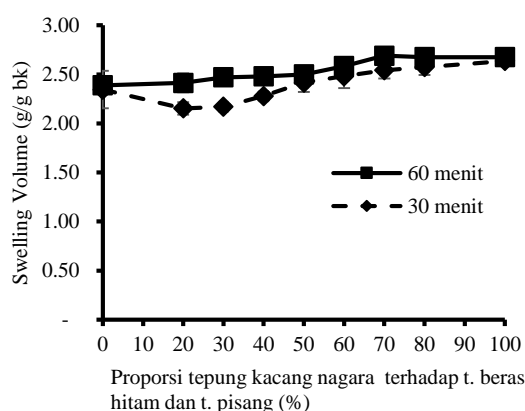
Tabel 4. Hasil uji Duncan pada indeks penyerapan air, swelling volume dan kelarutan flake sereal

Perlakuan		Parameter		
Formulasi kacang nagara : beras hitam : pisang	Lama <i>steaming</i> (menit)	Indeks Penyerapan air (g/g)	Swelling Volume (g/g)	Kelarutan % bk)
0 : 50 : 50	30	$1,30 \pm 0,20^{ab}$	$2,34 \pm 0,19^{cd}$	$0,16 \pm 0,01$
20 : 40 : 40		$1,13 \pm 0,06^a$	$2,15 \pm 0,06^a$	$0,16 \pm 0,00$
30 : 35 : 35		$1,12 \pm 0,04^a$	$2,17 \pm 0,03^{ab}$	$0,17 \pm 0,01$
40 : 30 : 30		$1,24 \pm 0,05^b$	$2,28 \pm 0,04^{bc}$	$0,18 \pm 0,01$
50 : 25 : 25		$1,37 \pm 0,09^{abcd}$	$2,42 \pm 0,10^{def}$	$0,18 \pm 0,00$
60 : 20 : 20		$1,43 \pm 0,12^{cdef}$	$2,48 \pm 0,12^{efg}$	$0,18 \pm 0,01$
70 : 15 : 15		$1,49 \pm 0,07^{efg}$	$2,54 \pm 0,08^{fgh}$	$0,19 \pm 0,00$
80 : 10 : 10		$1,53 \pm 0,09^{fg}$	$2,57 \pm 0,08^{fgh}$	$0,18 \pm 0,01$
100 : 0 : 0		$1,59 \pm 0,00^g$	$2,64 \pm 0,01^{gh}$	$0,19 \pm 0,00$
0 : 50 : 50	60	$1,36 \pm 0,02^{abc}$	$2,39 \pm 0,02^{cde}$	$0,17 \pm 0,01$
20 : 40 : 40		$1,37 \pm 0,10^{cde}$	$2,41 \pm 0,10^{def}$	$0,18 \pm 0,03$
30 : 35 : 35		$1,41 \pm 0,05^{cdef}$	$2,47 \pm 0,05^{efg}$	$0,18 \pm 0,00$
40 : 30 : 30		$1,43 \pm 0,05^{def}$	$2,48 \pm 0,04^{efg}$	$0,19 \pm 0,01$
50 : 25 : 25		$1,44 \pm 0,05^{def}$	$2,50 \pm 0,05^{efg}$	$0,20 \pm 0,01$
60 : 20 : 20		$1,54 \pm 0,03^{efg}$	$2,59 \pm 0,03^{fgh}$	$0,17 \pm 0,02$
70 : 15 : 15		$1,64 \pm 0,01^g$	$2,69 \pm 0,01^h$	$0,19 \pm 0,01$
80 : 10 : 10		$1,63 \pm 0,05^g$	$2,68 \pm 0,06^h$	$0,18 \pm 0,01$
100 : 0 : 0		$1,64 \pm 0,03^g$	$2,68 \pm 0,02^h$	$0,18 \pm 0,00$

Keterangan : huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) tidak berbeda nyata

Swelling Volume

Swelling volume menunjukkan tingkat pengembangan pati di dalam bahan untuk setiap satuan bahan padatan di dalam matriks bahan. Volume pengembangan flake sereal komposit tepung kacang nagara, tepung beras hitam dan tepung pisang berkisar $2,15 \pm 0,06$ – $2,69 \pm 0,01$ g/g bk. Hasil analisis ragam ($\alpha=0,05$) menunjukkan bahwa interaksi formula tepung komposit dan lama *steaming* berpengaruh nyata terhadap tingkat *swelling* flake sereal. Tabel 4 menunjukkan *swelling volume* tertinggi pada formulasi tepung kacang nagara 70% dan tidak berbeda hingga proporsi tepung kacang nagara 90% dengan lama *steaming* 60 menit, perlakuan lama *steaming* 60 menit memberikan volume pengembangan yang cenderung lebih tinggi dibanding *steaming* 30 menit, hal ini karena hidrolisis pati lebih intensif, struktur amilosa amilopektin lebih terbuka sehingga gugus hidroksil lebih mudah untuk mengikat air lebih kuat. Gambar 4 menunjukkan pengaruh proporsi tepung kacang nagara pada komposit tepung dan lama *steaming* terhadap *swelling volume* flake sereal.



Gambar 4. Hubungan proporsi tepung kacang nagara terhadap tepung beras hitam, tepung pisang dan lama *steaming* terhadap *swelling volume* flake sereal

Swelling lebih dipengaruhi oleh kandungan amilopektin, amilosa cenderung penghambat *swelling*. Demikian pula jumlah kandungan protein dan lemak, baik yang alami maupun ditambahkan saat formulasi produk juga mempengaruhi tingkat *swelling*. Ikatan kompleks dapat terbentuk antara lipid dan residu amilosa pada granula, protein dan pati berinteraksi karena ada perbedaan muatan dan membentuk kompleks selama gelatinisasi dan hal ini dapat menghambat *swelling* produk (Morrison, 1988). Terbatasnya *swelling* pada pati legume juga disebabkan karena adanya jembatan peptida pada granula pati yang dapat mempertahankan kuat struktur granula pati (Oates, 1990).

Kelarutan

Hasil analisis ragam ($\alpha=0,05$) menunjukkan bahwa interaksi formula tepung komposit dan lama *steaming* tidak berpengaruh nyata namun formulasi tepung komposit berpengaruh nyata terhadap tingkat kelarutan flake sereal. Tabel 4 menunjukkan kelarutan terendah diperoleh pada formulasi dengan proporsi tepung beras hitam dan tepung pisang saja, sedangkan peningkatan proporsi tepung kacang nagara cenderung meningkatkan kelarutan.

Kelarutan terjadi jika bahan larut dari granula terlepas atau keluar, larutan pati pada pati non sereal yang dipanaskan pada suhu 120°C selama 1 jam akan larut sempurna karena terjadi dispersi sempurna granula, sedangkan adanya kompleks lipid pada pati gandum menyebabkan perlakuan panas yang lebih lama untuk terjadinya dispersi granula (Noranizan *et al.*, 2010).

Warna

Hasil uji skoring menunjukkan bahwa warna flake sereal hasil formulasi tepung kacang nagara, tepung beras dan tepung pisang berkisar dari coklat kekuningan hingga coklat (3,27–4,31). Warna paling pekat diperoleh pada formulasi tanpa tepung kacang nagara atau hanya menggunakan tepung beras hitam dan tepung pisang, sedangkan warna pada flake sereal akan semakin cerah dengan meningkat proporsi kacang nagara yang semakin bertambah. Semakin banyak proporsi tepung kacang nagara maka warna flake sereal akan cenderung berwarna coklat kekuningan dan sebaliknya akan berwarna coklat keunguan karena lebih banyak dipengaruhi oleh warna antosianin beras hitam.

Aroma

Aroma kacang nagara pada flake sereal berkisar dari tercium kuat hingga mendekati agak kuat (2,45–2,86), analisis *Kruskal Wallis* menunjukkan formulasi tepung komposit dan lama *steaming* tidak berpengaruh nyata terhadap aroma flake sereal. Adanya penambahan tepung beras hitam dan tepung pisang belum signifikan menutup aroma kacang nagara pada produk flake sereal. Tahapan proses panas dalam pembuatan flake sereal dapat pula memunculkan komponen volatil sulfur yang masih memberikan “beany flavor”. Komponen aroma pada kacang-kacangan dapat berubah konsentrasinya karena perlakuan panas, dapat pula muncul komponen baru yang dapat berpengaruh terhadap rasa dan flavor produk (Ma *et al.*, 2016). Menurut Mishra *et al.* (2017) kacang merah yang dimasak kehilangan komponen volatil aldehyd, alkohol dan terpen, namun sebaliknya terjadi kenaikan komponen sulfur yang berperan terhadap munculnya aroma kacang merah tersebut meliputi *methanethiol*, *diethyl sulfide*, *dimethyl sulfide*, *methional* dan *dimethyl trisulfide*.

Tekstur

Hasil uji skoring terhadap tekstur flake sereal menunjukkan bahwa tekstur flake sereal yang diperoleh berkisar pada 2,68 (keras) hingga 3,54 (agak renyah). Tekstur flake sereal dipengaruhi proporsi tepung kacang nagara pada tepung komposit, dengan semakin meningkat proporsi tepung kacang nagara, tekstur flake sereal akan semakin rapuh dan remah sedangkan sebaliknya jika proporsi tepung kacang nagara rendah (0–30%) akan menghasilkan tekstur flake yang cenderung lebih kokoh.

Tekstur salah satunya dipengaruhi proporsi amilosa dan amilopektin dalam formula, menurut Ayadi *et al.* (2016) rasio amilopektin yang tinggi akan meningkatkan gelatinisasi dan pemotongan struktur amilopektin dapat menghasilkan matriks yang mengembang yang mampu mengikat sejumlah air yang lebih banyak. Pada proporsi kacang nagara lebih banyak akan meningkatkan kadar amilosa sehingga menurunkan rasio amilopektin dalam formula, hal ini akan mengurangi jumlah air yang terikat pada matriks flake sereal sehingga daya ikat matriks produk lebih lemah.

Tekstur menjadi parameter sensoris yang penting karena produk *ready to eat cereal flake* harus mampu mempertahankan kerenyahannya lebih dari 2 menit pada saat disajikan dengan susu (Gandhi dan Wenk, 2014). Tekstur yang baik pada *ready to eat cereal* juga sangat dipengaruhi oleh proses *steaming* sebagai pre kondisi sebelum proses ekstrusi. Formula sereal yang mengandung pati akan menjadi plastis oleh perlakuan *steaming*, hal ini akan menyebabkan adonan mudah mengalir pada ekstruder, dapat mengurangi energi mekanik yang diperlukan dan dapat mengurangi sifat tekstur dan flavor yang tidak diinginkan (Caldwell *et al.*, 2000).

Rasa Pahit

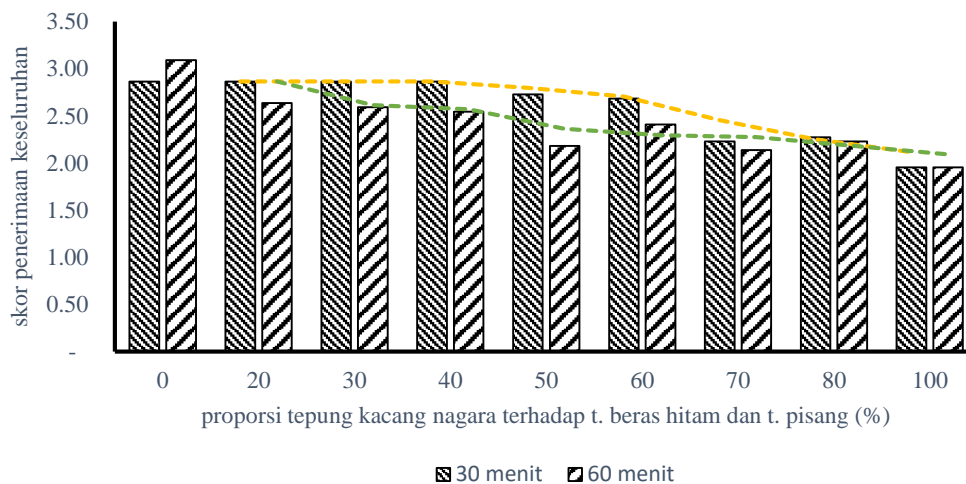
Rasa pahit pada flake dapat ditimbulkan oleh meningkatnya proporsi tepung kacang nagara

yang semakin dominan dan muncul sebagai *aftertaste*. Proporsi tepung kacang nagara yang ditambahkan hingga 40% pada tingkat agak terasa (3,04–3,36), pada proporsi tepung kacang nagara hingga 100% akan menghasilkan flake sereal dengan skor rasa pahit 1,95 (mendekati terasa). Rasa pahit diduga dipengaruhi oleh munculnya asam amino non polar yang menyebabkan rasa pahit akibat hidrolisis protein (Chao *et al.*, 2004).

Penerimaan Keseluruhan

Penerimaan keseluruhan flake sereal dengan formulasi komposit tepung pada proporsi tepung kacang nagara hingga 0 hingga 40% dan prakondisi lama *steaming* 30 menit memiliki tingkat penerimaan cenderung tidak berbeda yaitu 2,86 (mendekati agak enak), sedangkan jika proporsi tepung kacang nagara semakin ditingkatkan hingga 100% maka tingkat penerimaan semakin menurun yakni pada nilai 1,95 (tidak enak) (Gambar 5). Peningkatan jumlah proporsi kacang nagara akan menghasilkan tekstur yang sangat remah (mudah hancur), hal terkait dengan meningkatnya kandungan amilosa pada produk. Keseimbangan amilosa amilopektin akan mampu menghasilkan tingkat kohesivitas dan kerenyahan flake yang tepat. Lewis *et al.* (2004) mengembangkan produk *breakfast cereal biscuit* menggunakan biji *waxy* untuk mengurangi potensi produk flake yang mudah hancur.

Penerimaan flake sereal menurun juga disebabkan adanya peningkatan proporsi kacang nagara yang menyebabkan rasa pahit yang makin terasa hal ini diduga proses hidrolisis protein pada kacang nagara pada proses fermentasi membebaskan asam amino non polar yang dapat menimbulkan rasa pahit yakni adanya phenilalanin, triptophan, tirosin, isoleusin, prolin dan histidin (Chao *et al.*, 2004; Raksakulthai dan Haard, 2003; Saha dan Hayashi, 2001).



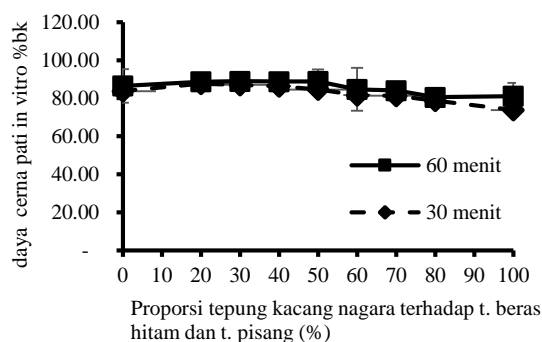
Gambar 5. Hubungan proporsi tepung kacang nagara terhadap tepung beras hitam, tepung pisang dan lama *steaming* terhadap skor penerimaan keseluruhan flake sereal

Pada prakondisi lama *steaming* 60 menit nilai skor penerimaan flake sereal tertinggi diperoleh pada hanya komposit tepung beras hitam dan tepung pisang dengan nilai 3,09 (agak enak), dan pada proporsi tepung kacang nagara sebanyak 20% yang mendekati agak enak dengan nilai skor 2,63. Menurut Gandhi and Wenk (2014) bahwasanya penggunaan legum pada sereal ditambahkan paling sedikit 20%, namun rata rata digunakan pada kisaran 10% –50%.

Daya Cerna Pati *In Vitro*

Daya cerna pati *in vitro* menggambarkan kemudahan enzim pencernaan khususnya enzim amilase untuk medegradasi dan menghidrolisis pati menjadi rantai pendek sehingga lebih mudah untuk dimanfaatkan dan diserap dalam tubuh. Hasil analisis ragam ($\alpha=0,05$) menunjukkan interaksi formulasi tepung komposit dan lama *steaming* berpengaruh tidak nyata namun formulasi tepung komposit maupun lama *steaming* berpengaruh nyata terhadap daya cerna pati secara *in vitro* pada produk flake sereal. Daya cerna pati *in vitro* pada flake sereal berkisar 73,81-88,94%bk, dengan rata-rata daya cerna pati secara *in vitro* flake sereal sebesar $84,28\% \pm 6,81$. Meningkatnya proporsi tepung kacang nagara relatif memberikan daya cerna *in vitro* flake sereal yang lebih rendah. Daya cerna pati *in vitro* pada tepung kacang nagara 78,99% sedangkan pada beras hitam sebesar 88,02%, hal ini berkorelasi dengan kandungan serat bahan, kandungan serat yang tinggi akan menurunkan kecernaan. Kandungan serat pada kacang nagara sebesar 19,52%, sedangkan pada tepung pisang 4,57% dan pada tepung beras hitam sebesar 4,45%.

Gambar 6 menunjukkan daya cerna pati *in vitro* pada produk flake sereal, pada lama *steaming* 30 menit flake sereal cenderung memiliki daya cerna *in vitro* lebih rendah, hal ini bisa disebabkan karena proses *steaming* 60 menit mampu memberikan proses gelatinisasi yang lebih tinggi pada molekul pati produk flake sereal sehingga molekul pati akan lebih mudah tercerna oleh enzim amylase.



Gambar 6. Hubungan proporsi tepung kacang nagara terhadap tepung beras hitam, tepung pisang dan lama *steaming* terhadap daya cerna pati *in vitro* flake sereal

KESIMPULAN DAN SARAN

Produk flake sereal hasil formulasi komposit tepung kacang nagara, tepung beras hitam dan tepung pisang dengan daya terima agak enak pada proporsi tepung kacang nagara sebanyak 20% namun masih dapat diterima hingga proporsi 40%. Perlakuan pra kondisi *steaming* bertekanan 60 menit cenderung memberikan daya rehidrasi yang lebih baik dibanding flake sereal dengan prakondisi *steaming* 30 menit, namun cenderung menurunkan kadar pati, pati resisten maupun pati tercerna.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Strategis Nasional Institusi tahun 2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Abia R, Buchanan CJ, Saura-Calixto F, Eastwood MA. 1993. Structural changes during the retrogradation of legume starches modify *in vitro* fermentation. *Journal Agric Food Chem.* 41 (11): 1856–1863
- Aguilera Y, Esteban RM, Benítez V, Mollá E, Martín-Cabrejas M. 2009. Starch, functional properties, and microstructural characteristics in chickpea and lentil as affected by thermal processing. *Journal Agric Food Chem.* 57 (22): 10682-10688, doi 10.1021.
- Ayadi FY, Rosentrater KA, Muthukumarappan, Kannadhasan S. 2016. Effects of amylose-to-amylopectin ratios on binding capacity of DDGS/soy-based aquafeed blends. *Journal Food Res.* 5:43–56, doi 10.5539.
- Caldwell E, Fast R, Levoelle J, Lauhoff C, Levine H, Miller RC, Slade L, Strahm BS, Whalen P. 2000. Cooking of ready to eat breakfast cereals. *Cereal Foods Words.* 45 (6): 244-252.
- Chao MJ, Unblesbay N, Hsie FH, Clark AD. 2004. Hydrophobicity of bitter peptides from soy protein hydrolysates. *Journal Agric Food Chem.* 52 (19): 5895–5901.
- Chotimarkorn C, Benjakul S, Silalai N. 2008. Antioxidant components and properties of five long-grained rice bran extracts from commercial available cultivars in Thailand. *Food Chem.* 111:636–41
- Chrastil J. 1987. Improved colorimetric determination of amylose in starches or flours. *Carbohydr Res.* 159 (1): 154-158.
- Chung H, Liu Q, Hoover R. 2010. Effect of single and dual hydrothermal treatments on the crystalline structure, thermal properties, and nutritional fractions of pea, lentil, and navy

- bean starches. *Journal Food Res Int.* 43: 501–508.
- Collado L dan Corke H. 1998. Pasting properties of commercial and experimental starch pearls. *Carbohydr Polym.* 35(1): 89-96, doi [10.1016](https://doi.org/10.1016).
- Gandhi dan Wenk. 2014. Method of forming ready to eat cereal flakes containing legumes. Europe Patent No: EP 2 717 723 B1.
- Goni L, Garcia D, Mariaz E, Calixto S. 1996. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. *Food Chem.* 56 (4): 445-449.
- Gonzalez-Soto RA, Sanchez-Hernandez L, Solorza-Feria J, Nunez-Santiago C, Flores-Huicoghea E, Bello-Perez LA. 2006. Resistant starch production from nonconventional starch sources by extrusion. *Food Sci Tech International.* 12 (1): 5-11, doi: 10.1177.
- Ihekoronye AI dan Ngoddy PO. 1985. *Integrated food science and technology*. New York: Macmillan Publishers. P296-301
- Indriyani F, Nurhidajah, Suyanto A. 2013. Karakteristik Fisik, Kimia dan Sifat Organoleptik Tepung Beras Merah Berdasarkan Variasi Lama Pengeringan. *Jurnal Pangan dan Gizi.* 04 (08):27-34
- Jamilah B, Mohamed A, Abbas KA, Rahman RA, Karim R, Hashim DM. 2009. Protein-starch interaction and their effect on thermal and rheological characteristics of a food system: A review. *Journal Food Agric Environ.* 7 (2): 169-174
- Karapantsios TD, Sakonidou EP, dan Raphaelides SN. 2002. Water dispersion kinetics during starch gelatinisation. *Carbohydr Polym.* 49: 479-490.
- Kong S dan Lee J. 2010. Antioxidants in milling fractions of black rice cultivars. *Food Chem.* 120:278–81.
- Kong S, Kim DJ, Oh SK, Choi IS, Jeong HS, Lee J. 2012. Black rice bran as an ingredient in Noodles: Chemical and Functional Evaluation. *Journal Food Science.* 77(3): 303-307, doi 10.1111.
- Lai LS dan Kokini JL. 1991. Physicochemical changes and rheological properties of starch during extrusion (A review). *Biotechnol Progr.* 7 (3): 251-266.
- Lewis DA, Lewis DA, dan Lewis VM. 2004. Breakfast cereal biscuit comprising waxy grain. US Paten No: US006759077BI
- Lookhart G, Albers L, dan Pomeranz Y. 1986. The effect of commercial processing on some chemical and physical properties of oat groats. *Cereal Chem.* 63: 280-282.
- Ma Z, Joice I, Boye, Azarnia S, Simpson BK. 2016. Volatile flavor profile of saskatchewan grown pulses as affected by different thermal processing treatments. *International Journal Food Prop.* 19:2251–2271, doi 10.1080.
- Marconi E, Ruggeri S, Cappelloni M, Leonardi D, Carnovale E. 2000. Physicochemical, nutritional, and microstructural characteristics of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) and common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) following microwave cooking. *Journal Agric Food Chemistry.* 48: 5986-5994.
- McDonough CM, Anderson BJ, Rooney LW. 1997. Structural characteristics of steam-flaked sorghum. *Cereal Chem.* 74: 542-547.
- Mishra PK, Tripathi J, Gupta S, Variyar S. 2017. Effect of cooking on aroma profile of red kidney beans (*Phaseolus vulgaris*) and correlation with sensory quality. *Food Chem.* 215:401-409, doi [10.1016](https://doi.org/10.1016).
- Morrison W. 1988. Lipid in cereal starches (A review). *Journal Cereal Science.* 8 (1) :1-15.
- Nam SH, Choi SP, Kang MY, Kozukue N, Friedman M. 2005. Antioxidative, antimutagenic, and anticarcinogenic activities of rice bran extracts in chemical and cell assays. *Journal Agric Food Chem.* 53:816–22.
- Nilegaonkar SS, Kasote DM, Agte VV. 2014. Effect of different processing methods on resistant starch content and *in vitro* starch digestibility of some common Indian pulses. *Journal Science Ind Res.* 73: 541-546.
- Noranizan MA, Dzulkifly MH, Russly AR. 2010. Effect of heat treatment on the physicochemical properties of starch from different botanical sources. *International Food Res.* 17: 127-135.
- Oates CG. 1990. Fine structure of mung bean starch: An improved method of fractionation. *Starch/Staerke.* 42: 464-467.
- Ojewole JA dan Adewunmi CO. 2003. Hypoglycemic effect of methanolic extract of *Musa paradisiaca* (Musaceae) green fruits in normal and diabetic mice. *Methods Find Exp Clin Pharmacol.* 25(6): 453.
- Oomah BD. 1987. Characteristics of commercially heat-treated oat groats. *International Journal Food Science Technol.* 22: 299-308.
- Rai PK, Jaiswal D, Rai NK, Pandhija S, Rai AK, Watal G. 2009. Role of glycemic elements of *Cynodon dactylon* and *Musa paradisiaca* in diabetes management. *Lasers Med Science.* 24(5): 761-768.
- Rabbani GH, Teka T, Zaman B, Majid N, Khatun M, Fuchs GJ. 2001. Clinical studies in persistent diarrhea: Dietary management with green banana or pectin in Bangladeshi children. *Gastroenterol.* 121:554–560.

- Raksakulthai R dan Haard NF. 2003. Exopeptidases and their application to reduce bitterness in food: a review. *Crit Rev Food Nutr.* 43 (4):401–445
- Saha BC dan Hayashi K. 2001. Debittering of protein hydrolyzates. *Biotechnol Adv.* 19 (5): 355–370
- Shevkani K dan Singh N. 2015. Relationship between protein characteristics and film-forming properties of kidney bean, field pea and amaranth protein isolates. *International Journal Food Science Technol.* 50 (4): 1033-1043.
- Siddhuraju P dan Becker K. 2001. Effect of various domestic processing methods on antinutrients and *in vitro* protein and starch digestibility of two indigenous varieties of Indian tribal pulse (*Mucuna pruriens* Var. utilis). *Journal Agric Food Chem.* 49: 3058-3067.
- Susi, Agustina L dan Wibowo C. 2015. Modifikasi tepung kacang nagara melalui fermentasi bakteri asam laktat untuk produksi beras analog dalam rangka meningkatkan ketahanan pangan. [Laporan Penelitian Hibah Pekerti]. Banjarmasin: Universitas Lambung Mangkurat.
- Susi S, Agustina L, dan Gendrosari S. 2017. Pengaruh *steaming* terhadap karakteristik kimia dan daya rehidrasi tepung kacang nagara sebagai bahan baku breakfast cereal. *Prosiding Seminar Nasional PATPI Lampung.* Lampung. 10-12 November 2017.
- Tharanathan RN dan Mahadevamma S. 2013. Grain legumes-a boon to human nutrition. *Trends Food Sci Technol.* 14 (12): 507-518.
- Tosh SM dan Yada S. 2010. Dietary fibres in pulse seeds and fractions: Characterization, functional attributes, and applications. *Journal Food Res Int.* 43 (2): 450-460.
- Toyokuni S, Itani T, Morimitus Y, Okada K, Ozeki M, Kondo S, Uchida K, Osawa T, Hiai H, Tashiro T. 2002. Protective effect of colored rice over white rice on Fenton reaction-based renal lipid peroxidation in rats. *Free Radic Res.* 36:583–92
- Usha V, Vijayammal PL, dan Kurup PA. 1989. Effect of dietary fiber from banana (*Musa paradisiaca*) on metabolism of carbohydrates in rats fed cholesterol free diet. *Indian Journal Exp Biol.* 27(5): 445-449.
- Vatanasuchart N, Niyomwit B, dan Wongkrajang W. 2009. Resisten starch content and the *in vitro* starch digestibility of Thai starch foods. *Kasetsart Journal.* (Nat Sci) 43 (1): 178-186
- Wanyo P, Chomnawang C, dan Siriamornpun S. 2009. Substitution of wheat flour and rice bran in flake products : Effects on Chemical, Physical and Antioxidant Properties. *World Applied Science Journal.* 7 (1) : 49-56
- Yadav BS, Sharma A, dan Yadav RB. 2010. Resistant starch content of conventionally boiled and pressure-cooked cereals, legumes and tubers. *Journal Food Sci Technol.* 47: 84-88.
- Zhou M, Robards K, Glennie-Holmes M, Helliwell S. 2000. Effects of enzyme treatment and processing on pasting and thermal properties of oats. *Journal Science Food Agric.* 80: 1486-1494.